

Avaliação de diferentes sistemas de suporte a tomada de decisão para a gestão de recursos hídricos

Evaluation of different decision support systems for water resource management

Bianca Cogo Barbosa¹ , Caroline Kozak² , Taiane Regina Hoepers² , Michel Marques Monteiro¹ , Cristovão Vicente Scapulatempo Fernandes¹ 

¹Instituto Água e Terra, Curitiba, PR, Brasil. E-mail: biancabarbosa15@outlook.com

²Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil. E-mail: carolkozak05@gmail.com, taihoepers@gmail.com, michelmmonteiro@gmail.com, cris.dhs@ufpr.br

Como citar: Barbosa, B. C., Kozak, C., Hoepers, T. R., Monteiro, M. M., & Fernandes, C. V. S. (2025). Avaliação de diferentes sistemas de suporte a tomada de decisão para a gestão de recursos hídricos. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 22, e16. <https://doi.org/10.21168/regav.22e16>

RESUMO: Com a crescente demanda pelo uso da água e a atual escassez hídrica, as ferramentas de suporte à decisão auxiliam o gestor na tomada de decisão considerando aspectos como demanda e oferta dos recursos hídricos. Nesse contexto, este trabalho teve como objetivo realizar uma análise comparativa entre alguns sistemas de suporte à decisão (SSD), de modo a levantar elementos sobre a aplicabilidade desses sistemas no gerenciamento de recursos hídricos. A análise comparativa foi realizada considerando o SIGA e o Acquanet, dois *softwares* abertos, de uso gratuito, e o SSD do SIGARH, utilizado no estado do Paraná, integrado ao sistema de outorgas do Instituto Água e Terra (IAT), órgão gestor de recursos hídricos do estado. Para cada um deles foi realizado o estudo detalhado de seu funcionamento, aplicabilidade e suas informações específicas. A partir dessas determinações foram estabelecidos cenários de simulação para a mesma condição inicial. Os *softwares* analisados indicam na saída os valores de déficit e escassez da demanda. O SSD do Paraná também indica uma classificação quanto à disponibilidade hídrica. No cenário simulado, todos os *softwares* apresentaram valores de déficit hídrico, indicando uma área com alta demanda de usuários e recursos hídricos limitados, sendo necessário adotar estratégias para garantir que os recursos hídricos sejam distribuídos de maneira igualitária e sustentável. Os *softwares* possuem características distintas, porém todos se mostram relevantes para a gestão dos recursos hídricos, sendo assim a escolha do melhor SSD dependente do perfil do usuário tomador de decisão e das necessidades de cada análise.

Palavras-chave: Alocação de água; Déficit e disponibilidade hídrica; Outorgas; SSD.

ABSTRACT: With the growing demand for water use and the current water shortage, decision support tools assist managers in making decisions, considering aspects such as water supply and demand. In this context, this study aimed to conduct a comparative analysis of several Decision Support Systems (DSS) to gather information on their applicability in water resource management. The comparative analysis considered SIGA and Acquanet, two open-source, free-to-use software programs, and the SIGARH DSS, used in the State of Paraná and integrated with the Water and Land Institute (IAT) licensing system, the state's water resources management agency. A detailed study of each system's operation, applicability, and specific information was conducted. Based on these findings, simulation scenarios were established under the same initial conditions. The software programs analyzed indicate demand deficit and scarcity values in their outputs. The Paraná DSS also provides a classification based on water availability. In the simulated scenario, all programs presented water deficit values, indicating an area with high user demand and limited water resources. Strategies must be adopted to ensure that water resources are distributed equitably and sustainably. The programs have distinct characteristics, but all are relevant to water resource management. Therefore, choosing the best DSS depends on the profile of the decision-maker and the needs of each analysis.

Keywords: Water allocation; Water deficit and availability; Water grants; DSS.

1. INTRODUÇÃO

Os cinco instrumentos de gestão de recursos hídricos, os quais plano de bacias, enquadramento dos corpos d'água, outorga de direito de uso, cobrança pelo uso e sistemas de informação foram instituídos pela Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997 (Brasil, 1997) e trazem consigo alguns fundamentos essenciais para a gestão descentralizada e participativa das águas em todo o Brasil. Ao longo dos anos foi se estabelecendo formas de gestão mais eficientes, incluindo a governança adaptativa, a fim de garantir o acesso à água e seus usos múltiplos, em uma tentativa de driblar os desafios relacionados à escassez hídrica, as mudanças climáticas, as altas demandas pelo uso da água e a heterogeneidade da realidade brasileira (Silva & Ribeiro, 2021).

De maneira homogênea, o plano de bacia é o instrumento que embasa os demais, estabelecendo suporte de regulamentação das ações e estratégias territoriais para o uso mais adequado das águas. Além disso, ele orienta a implementação das Políticas Nacional e Estadual de Recursos Hídricos no âmbito das respectivas bacias hidrográficas (Brasil, 2012). O enquadramento dos corpos d'água, por sua vez, se classifica como um instrumento de planejamento, em que é definida a classe do rio que se deseja obter, a partir da situação atual e da compatibilidade com os usos preponderantes, assegurando a qualidade da água. O Sistema de Informações sobre Recursos Hídricos é quem coleta e armazena as informações sobre recursos hídricos, fornecendo subsídios para os planos a partir do conhecimento sobre a qualidade e a quantidade de água disponível em todo o território nacional (Brasil, 1997). Sem um adequado sistema de informações, a gestão de recursos hídricos fica comprometida. A cobrança pelo uso dos recursos hídricos, instrumento econômico, visa garantir recursos para projetos de conservação e recuperação dos recursos hídricos e para o aprimoramento da gestão hídrica (Brasil, 1997). Associado a ele, tem-se a outorga de direito de uso que é o ato administrativo em que o poder público estabelece as condições de uso do recurso hídrico assegurando o controle quantitativo e qualitativo dos usos da água (Paraná, 2014), sendo fundamental para assegurar os usos múltiplos da água e garantir os usos prioritários (Brasil, 1997).

Estão sujeitos a outorga pelo poder público os direitos de usos de recursos hídricos para fins de (i) consumo final, abastecimento público ou para processo produtivo, seja a retirada realizada por derivação ou captação de água e/ou extração de água de aquífero subterrâneo; (ii) lançamento de efluente e demais resíduos líquidos ou gasosos, tratados ou não, em corpo d'água, com o objetivo de realizar a sua diluição, transporte ou disposição final; (iii) aproveitamento dos potenciais hidrelétricos; e (iv) outros usos que alterem o regime, a quantidade ou a qualidade da água existente em um corpo de água (Paraná, 2014). No âmbito federal, o órgão responsável pela emissão das outorgas é a Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA), enquanto em âmbito estadual cada estado possui sua autarquia responsável por estabelecer as condições de gerenciamento dos recursos hídricos. No caso do Paraná, esse órgão é o Instituto Água e Terra (IAT). A análise de um pedido de outorga envolve múltiplas etapas, que incluem a verificação da disponibilidade hídrica na região de interesse, a análise do tipo da demanda requerida e a avaliação das condições ambientais do local (Pereira et al., 2012). Tais etapas acabam tornando o processo complexo e, eventualmente, moroso.

Ademais, a crescente demanda pelo uso da água e a escassez hídrica, aumentam os conflitos pelo uso da água, fato que dificulta as análises dos processos de outorga (Garcia et al., 2018; Gorgoglione et al., 2019; Silva & Ribeiro, 2021). Assim, para facilitar e embasar uma melhor análise técnica surgem os sistemas de suporte à decisão - SSD. Esses sistemas têm como fundamento auxiliar na análise e gerenciamento dos recursos hídricos de uma região, considerando aspectos como demanda e oferta de água. Dessa forma a análise de disponibilidade hídrica torna-se mais precisa e a tomada de decisão mais segura (Pereira; Kayser; Collischonn, 2012). Os SSDs são sistemas computacionais que, a partir de variáveis pré-definidas, geram cenários que permitem comparar, analisar, simular e apoiar a seleção de alternativas, sendo capazes de capturar os diferentes fatores que fundamentam uma tarefa tão complexa (Kharabsheh et al., 2019; Silva et al., 2021). Esses sistemas funcionam para representar cenários hidrológicos simulando a alocação hídrica e auxiliando na tomada de decisão ou podendo também ser utilizados para automatizar as etapas de análise do processo de outorga (Collischonn, 2014; Silva et al., 2021).

Uma das vantagens dos SSDs na análise do processo de outorga é o uso de ferramentas de geoprocessamento, incorporando base de dados geográficos nas análises, o que propicia uma análise mais assertiva e mais rápida de cada situação. Sem essa integração, o processo geralmente envolve procedimentos manuais, como cálculos em planilhas, análise de mapas e geração de relatórios, o que pode ser mais demorado e mais propenso a erros (Pereira et al., 2012). Assim, fica evidente que o desenvolvimento de SSD robustos são fundamentais para o gerenciamento de recursos hídricos, pois

além de possibilitar a análise otimizada de grandes volumes de dados complexos, considerando múltiplos cenários, esses sistemas ajudam a tomar decisões mais assertivas, com uma maior confiabilidade técnica, uma vez que combinam modelos matemáticos e simulações avançadas ao invés de depender apenas de cálculos manuais simplificados (Garcia et al., 2018).

Assim, o objetivo desta nota técnica é realizar um estudo comparativo de três SSDs, de modo a levantar suas vantagens, desvantagens e potenciais de uso, a fim de proporcionar uma análise técnica sobre a aplicabilidade desses sistemas no gerenciamento de recursos hídricos pelos tomadores de decisão. Com isso, espera-se fornecer subsídios para a escolha mais assertiva de ferramentas para a gestão hídrica, contribuindo para a melhoria contínua dos processos decisórios no contexto de escassez hídrica e de mudanças climáticas contribuindo com uma gestão mais sustentável dos recursos hídricos.

2. DESCRIÇÃO DO ASSUNTO

A tomada de decisão é um tipo particular de processamento de informações que resulta na escolha de um plano para tomada de uma ação, e que envolve o balanço de múltiplo e, as vezes conflitantes, objetivos (Davijani et al., 2016; Oliveira & Zeilhofer, 2025). Contudo, muitas vezes poderá ser interessante ou mesmo necessária a utilização de modelos matemáticos para a tomada dessa decisão, devido a complexidade da escolha ou aos múltiplos fatores que o compõe. Os modelos permitem a simulação de diversos cenários, otimizando, facilitando e acelerando o processo (Silva et al., 2021). Além disso, eles devem proporcionar transparência e uniformidade nas decisões, eliminando a subjetividade e a capacidade de arbitragem (Oliveira & Zeilhofer, 2025). Dessa forma, o gestor consegue ter uma visão ampla do que poderá ocorrer se uma determinada atitude 'x' ou 'y' for tomada.

No entanto, para o processo de outorga do direito de uso dos recursos hídricos, é fundamental a integração de modelos, bases de dados, rotinas de interpretação e outras informações relevantes em um sistema capaz de processar eficientemente os dados de entrada, executar os modelos e apresentar os resultados de forma clara e acessível. Esse conjunto de ferramentas é conhecido como SSD – Sistema de Suporte à Decisão. Diferentemente dos modelos de simulação convencionais, os SSDs se destacam por proporcionar um alto grau de interação entre o usuário e o computador, permitindo que o decisor tenha controle direto sobre as atividades computacionais e a interpretação dos resultados (Silva et al., 2021). Dessa forma, facilitam a tomada de decisão, integrando informações sobre alocação da água e outros fatores intervenientes ao processo de outorga (Moran et al, 2020; Lopes et al. 2021)

Existem diferentes tipos de SSD, que são usados de acordo com a necessidade do usuário. Algumas aplicabilidades são decisão para a gestão qualiquantitativa na outorga e cobrança pelo uso da água (Rodrigues, 2005); determinação da vazão de referência e restrição de um curso d'água (Marcellini et al, 2013); diagnóstico e prognóstico integrado da quantidade e qualidade da água (Salla et al. 2014); controle de outorgas que usam o conceito de balanço hídrico para cálculo da demanda de captação, onde os lançamentos de efluentes são considerados separadamente (Silva, 2016); apoio a decisão aos planos de bacia hidrográficas (Lopes et al., 2021); definição dos melhores locais para se investir em tratamento de efluentes, minimizando custos para implantação e maximizando os usos quantitativos (Garcia et al., 2018); outorgas de captação de água e diluição de efluentes a partir de aspectos qualiquantitativos (Lisboa et al., 2019); sistemas para solução de conflitos pelo uso da água (Oliveira & Zeilhofer, 2025).

Assim, considerando a vasta disponibilidade de sistemas foram escolhidos os SSD SIGA e Acquanet, usados no Distrito Federal e em São Paulo, respectivamente, e o SSD SIGARH usado no Estado do Paraná. Os SSDs SIGA e Acquanet foram selecionados por disporem de um manual para estudos e serem *softwares* de uso gratuito, potencializando a utilização por qualquer usuário interessado. O SSD SIGARH, por sua vez, foi acrescido para comparação visando a melhoria dos sistemas, já que é o SSD integrado ao sistema de outorgas do IAT. A seguir tais SSDs serão apresentados em detalhes.

2.1 SSD-SIGARH - Paraná

A implementação do SIGARH pelo IAT iniciou-se em 2019 e foi criado visando a modernização do processo de outorga no estado do Paraná. Esse sistema foi financiado pelo Banco Mundial e desenvolvido pela Fundação Ezute, possuindo 7 subsistemas, entre eles o subsistema de SSD, que visa auxiliar os técnicos do IAT no cálculo de disponibilidade hídrica e na análise dos processos de outorga (EZUTE, 2025).

O SSD do SIGARH é integrado ao módulo de outorgas, chamado de Sistema de Cadastro de Recursos Hídricos - SCRH e pode ser usado na análise dos processos de outorga ou para simulações de disponibilidade hídrica superficial, lançamento de efluentes e captação subterrânea. Para os cálculos do SSD de captação superficial, são utilizados como dados de entrada as vazões de referência e vazões informadas pelos requerentes nos processos de outorga. Como dado de saída, o técnico visualiza uma classificação quanto à disponibilidade hídrica, onde é indicado o nível de comprometimento hídrico em relação à vazão outorgável, o auxiliando na tomada de decisão. As classificações podem ser de Baixo Risco que representa até 70% de comprometimento hídrico, de Alto Risco com até 80% de comprometimento hídrico, de Potencial Área Crítica com até 100% de comprometimento hídrico e de Área Crítica indicando um comprometimento hídrico acima de 100%.

2.2 SSD-SIGA – Distrito Federal

O Sistema de Informação para Gerenciamento de Alocação da Água – SIGA, do Distrito Federal, foi criado em 2005 visando subsidiar a gestão dos recursos hídricos a partir de uma plataforma integrada com modelos hidrológicos e operacionalização de sistemas hídricos. Esse sistema foi criado por pesquisadores da Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos - FUNCEME juntamente com o Departamento de Computação Gráfica da Universidade Federal do Ceará.

Nele é possível desenhar o modelo de redes hidrológicas a ser analisado, representando o rio e os pontos de captação de água ou pontos de demanda, a partir da inserção de arquivos *shapefile* ou de imagens da bacia hidrográfica a ser analisada. Em seguida, é escolhido o modelo hidrológico a ser utilizado e calibra-se os parâmetros hidrológicos, parâmetros de uso e demanda da água e de configuração do modelo (Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos, 2025). No SIGA também é possível importar os dados de entrada de séries de vazões ou matrizes de dados. Como resultado de saída, obtêm-se informações sobre a demanda solicitada e a demanda atendida, indicando a vazão de escassez da oferta ou o excesso de atendimento da demanda. Assim, o técnico pode escolher quais dados serão exibidos no relatório final que podem ser em forma de gráficos, ou exportados em outros formatos.

2.3 SSD-ACQUANET – São Paulo

Desenvolvido em 2013 pelo Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões (LABSID) em engenharia ambiental e de recursos hídricos, integrante da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo – USP, o *software* Acquanet é um modelo integrado de análise de disponibilidade hídrica que busca auxiliar na tomada a decisão dos problemas relacionados à disponibilidade hídrica, além de possuir integração com a ferramenta sistema de informação geográfica – SIG, o que facilita a análise dos dados (Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões, 2013). O desenvolvimento desse *software* trouxe maior flexibilidade e precisão nas simulações, com intervalos temporais mais refinados e capacidade de modelar fenômenos como amortecimento (Roberto et al., 2007).

O cálculo se inicia com a entrada dos dados de vazões e a escolha do modelo hidrológico a ser utilizado, além das configurações gerais como intervalo do cálculo e opções do algoritmo de otimização utilizado. Na sequência, são definidas as demandas hídricas e vazões a serem consideradas no cálculo. No *software*, é possível definir as prioridades do uso para que o sistema ajuste o fluxo de acordo com as condições simuladas. Os resultados são exibidos de forma gráfica ou em planilhas, e permite a comparação dos resultados do projeto com demais projetos já executados anteriormente. Os dados de saída se referem a demanda de cada ponto, a nova demanda necessária e o déficit na demanda.

3. OS SOFTWARES DE SSD

O *software* do Paraná, SSD-SIGARH, possui uma vantagem em relação aos demais, visto que o sistema já traz, em sua interface, os usuários outorgados e os requerimentos em análise a partir da localização do ponto de interesse, permitindo uma boa integralização dos dados e processos em andamento. Essa facilidade é possível devido à integração do SSD SIGARH com o módulo de outorgas SCRH do IAT, além da integração aos dados das estações telemétricas instaladas no estado. Embora essa especificidade limite sua aplicabilidade a um contexto estadual, a abordagem adotada pelo sistema serve como um exemplo valioso para outros sistemas de suporte à decisão. A integração das outorgas já estabelecidas ou em andamento, juntamente com informações de estações telemétricas, pode fortalecer significativamente o processo decisório, proporcionando maior robustez e precisão às análises técnicas, independentemente da região onde for implementado.

No processo do SSD-SIGARH, o sistema indica a melhor vazão de referência a ser utilizada, considerando a distância da estação ao ponto de análise. O cálculo de disponibilidade hídrica é realizado para o cálculo a montante e a jusante do ponto analisado, que gera, posteriormente, a resposta final sobre disponibilidade hídrica. Cabe destacar que o analista também possui a autonomia de inserir vazões disponíveis ou indisponíveis adicionais, caso haja a identificação de algum usuário que não esteja na lista principal. A Figura 1 apresenta a lógica de funcionamento do SSD-SIGARH para a simulação de captação superficial.

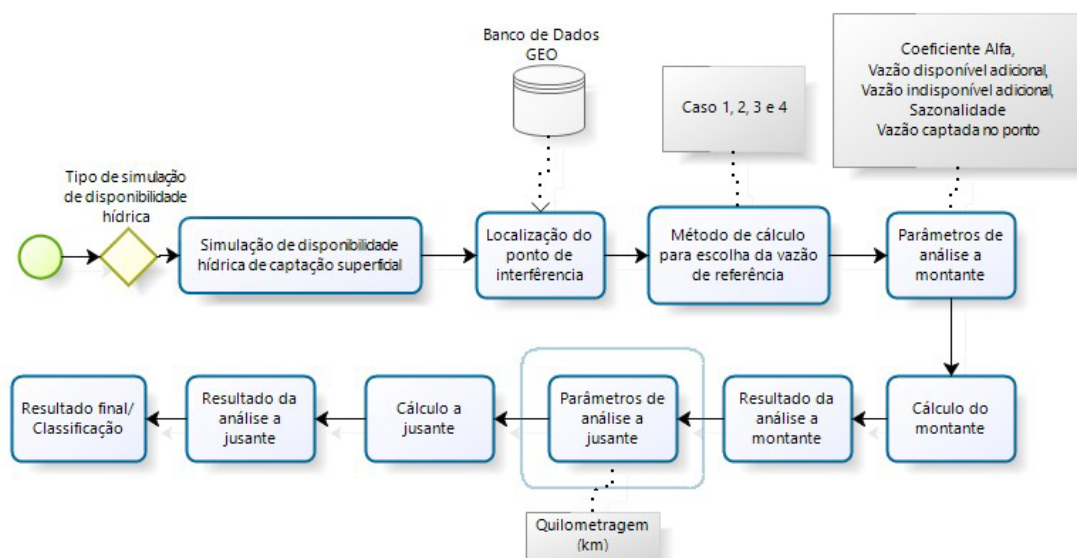


Figura 1: Processo do SSD-SIGARH do Paraná

Inicialmente, o técnico escolhe o tipo de simulação desejada, podendo ser captação superficial, captação subterrânea ou lançamento de efluentes. Depois, ele realiza a indicação da localização do ponto de interesse onde se deseja realizar a simulação, seja pela inserção das coordenadas geográficas ou pela escolha diretamente no mapa. O *software*, na sequência, traz automaticamente informações do entorno relativas ao ponto informado, como os aquíferos existentes, bacia hidrográfica, nome do corpo hídrico, entre outros. Essas informações são extraídas a partir da base de dados geográficas do estado. A partir dessas informações, o sistema recomenda a vazão de referência ao técnico operador, a partir das regras descritas nos casos a seguir:

- **Caso 1:** Existência de uma ou mais estações fluviométricas no mesmo rio onde se localiza o ponto de interesse;
- **Caso 2:** Existência de duas ou mais estações fluviométricas na mesma Unidade Hidrográfica onde se localiza o ponto de interesse com Q% (percentual da vazão em relação a vazão de referência) similares. Nesse caso, as diferenças devem ser menores que 25%;
- **Caso 3:** Existência de duas ou mais estações fluviométricas na mesma Unidade Hidrográfica onde se localiza o ponto de interesse através da avaliação dos critérios como área da bacia, forma da bacia, precipitação, temperatura, geologia, tipo de solo, declividade, uso do solo, geomorfologia;
- **Caso 4:** Quando o ponto de interesse se encontra em uma área crítica ou encontra-se em uma área estratégica de gestão¹ do Comitê de Bacias Hidrográficas ou do Plano Estadual de Recursos Hídricos.

Cabe destacar que, apesar da indicação fornecida pelo sistema, em todas as etapas subsequentes de tomada de decisão, o técnico operador possui autonomia e flexibilidade para realizar a verificação da compatibilidade das informações fornecidas. Apesar do sistema ser integrado, o que otimiza a tomada de decisão, ele ainda pode apresentar erros. Portanto, é de suma importância que sejam

¹ Área estratégica de gestão (AEG) são elementos físicos do sistema, caracterizadas como unidades de controle para o planejamento e gestão dos recursos hídricos (Instituto Água e Terra, 2010).

verificadas possíveis inconsistências, como duplicação ou sobreposição de volumes outorgados, e até mesmo falha ou ausência de informações atualizadas. Caso haja alguma dessas situações, o técnico possui a opção de fazer o ajuste específico no sistema, apresentando a justificativa adequada para cada situação e, na sequência, escolher o método indicado ou optar por um outro método mais apropriado.

No cálculo a montante do ponto escolhido, o técnico deve inserir parâmetros como o coeficiente alfa, sazonalidade e a vazão captada no ponto. O coeficiente alfa se refere a porcentagem que será outorgada em relação a vazão de referência. No estado do Paraná, a vazão outorgável é de 50% da Q95 (vazão em 95% do tempo) (Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, 2006), portanto o coeficiente alfa será de 50% na maioria dos casos. Ao realizar o cálculo, o sistema mostra no mapa e em uma lista, os usuários a montante identificados, e a classificação quanto à disponibilidade hídrica de cada trecho, indicando os valores de vazão solicitada, vazão natural, vazão indisponível e vazão outorgável, em frequência mensal. As Figuras 2 e 3 exemplificam a tabela de resposta do sistema, com a classificação do ponto de outorga requerido e a situação da disponibilidade hídrica, respectivamente.

Resultado / Classificação anual											
Trecho	Curso d'água	Ottobacia	Área total (km²)	KMs percorridos (km)	Área utilizada (km²)	Q solicitada captada (m³/h)	Q natural outorgável (m³/h)	Q indisponível (m³/h)	Q outorgável (m³/h)	Observ.	Classificação
● Janeiro											
2	862891694	8628916941	1,20	0,54	1,20	10	22,42	10,00	12,42		Baixo risco
3	8628916	862891693	11,30	2,40	11,30	10	211,09	11,80	199,29		Sem risco
4	8628916	862891691	25,24	5,88	25,24	10	471,49	11,80	459,69		Sem risco
5	8628916	862891677	35,68	6,58	35,68	10	686,50	11,80	674,70		Sem risco
6	8628916	862891675	40,30	7,02	40,30	10	752,81	11,80	741,01		Sem risco
7	8628916	862891673	43,51	7,78	43,51	10	812,77	11,80	800,97		Sem risco
8	8628916	862891671	47,41	9,20	47,41	10	885,82	21,99	863,83		Sem risco
9	8628916	86289165	65,01	11,29	65,01	10	1214,39	21,99	1192,40		Sem risco
● Fevereiro											
2	862891694	8628916941	1,20	0,54	1,20	10	22,42	10,00	12,42		Baixo risco
3	8628916	862891693	11,30	2,40	11,30	10	211,09	11,80	199,29		Sem risco
4	8628916	862891691	25,24	5,88	25,24	10	471,49	11,80	459,69		Sem risco
5	8628916	862891677	35,68	6,58	35,68	10	686,50	11,80	674,70		Sem risco
6	8628916	862891675	40,30	7,02	40,30	10	752,81	11,80	741,01		Sem risco
7	8628916	862891673	43,51	7,78	43,51	10	812,77	11,80	800,97		Sem risco
8	8628916	862891671	47,41	9,20	47,41	10	885,82	21,99	863,83		Sem risco
9	8628916	86289165	65,01	11,29	65,01	10	1214,39	21,99	1192,40		Sem risco
● Março											
2	862891694	8628916941	1,20	0,54	1,20	10	22,42	10,00	12,42		Baixo risco
3	8628916	862891693	11,30	2,40	11,30	10	211,09	11,80	199,29		Sem risco
4	8628916	862891691	25,24	5,88	25,24	10	471,49	11,80	459,69		Sem risco
5	8628916	862891677	35,68	6,58	35,68	10	686,50	11,80	674,70		Sem risco
6	8628916	862891675	40,30	7,02	40,30	10	752,81	11,80	741,01		Sem risco
7	8628916	862891673	43,51	7,78	43,51	10	812,77	11,80	800,97		Sem risco
8	8628916	862891671	47,41	9,20	47,41	10	885,82	21,99	863,83		Sem risco
9	8628916	86289165	65,01	11,29	65,01	10	1214,39	21,99	1192,40		Sem risco

Figura 2: Resposta do SIGARH a resultado de classificação de baixo risco no SIGARH

Resultado / Classificação anual											
Trecho	Curso d'água	Ottobacia	Área total (km²)	KMs percorridos (km)	Área utilizada (km²)	Q solicitada captada (m³/h)	Q natural outorgável (m³/h)	Q indisponível (m³/h)	Q outorgável (m³/h)	Observ.	Classificação
● Janeiro											
2	86286	86286353	189,33	0,23	189,33	10,00	3122,05	2994,29	127,76		Área crítica
3	86286	86286351	190,68	0,71	190,68	10,00	3144,32	2994,29	150,03		Área crítica
4	86286	8628633	192,42	0,89	192,42	10,00	3173,01	2994,29	178,72		Área crítica
5	86286	86286315	194,97	1,27	194,97	10,00	3215,06	2997,89	217,17		Área crítica
6	86286	86286313	196,44	2,04	196,44	10,00	3239,30	3201,22	38,08		Área crítica
7	86286	86286311	198,14	2,98	198,14	10,00	3267,33	3224,22	43,11		Área crítica
8	86286	86286199	213,01	3,70	213,01	10,00	3512,54	3378,02	134,52		Área crítica
9	86286	86286197	213,20	3,88	213,20	10,00	3515,67	3378,02	137,65		Área crítica
10	86286	86286195	214,00	3,97	214,00	10,00	3528,86	3378,02	150,84		Área crítica
11	86286	86286193	215,31	4,67	215,31	10,00	3550,46	3401,11	149,35		Área crítica
12	86286	862861913	216,00	4,92	216,00	10,00	3561,84	3401,11	160,73		Área crítica
13	86286	862861911	216,19	5,13	216,19	10,00	3564,98	3543,31	21,67		Área crítica

Figura 3: Resposta do SIGARH a resultado de classificação de área crítica no SIGARH

Para o cálculo de jusante, são considerados os usuários que estão depois do ponto requerido, portanto, o técnico deve informar a distância a partir do ponto requerido que se

pretende calcular a disponibilidade hídrica. Novamente, o sistema exibe a lista de usuários identificados. Nessa lista é possível verificar os dados de cada portaria emitida ao longo do trecho, com informações relativas a cada um dos usuários identificados. Ao final, o sistema exibe o resultado e a classificação de cada trecho. A partir de então, a solicitação de outorga é analisada pelo técnico e deferida ou indeferida, de acordo com o objeto do pedido e licenciamento ambiental relacionado.

O sistema utilizado no Distrito Federal, o SSD-SIGA, por sua vez, possui configuração inicial a partir da inserção do desenho do trecho de rio que se pretende analisar, adicionando os nós e simulando a rede hídrica. A Figura 4 apresenta o fluxograma do processo do SSD-SIGA.

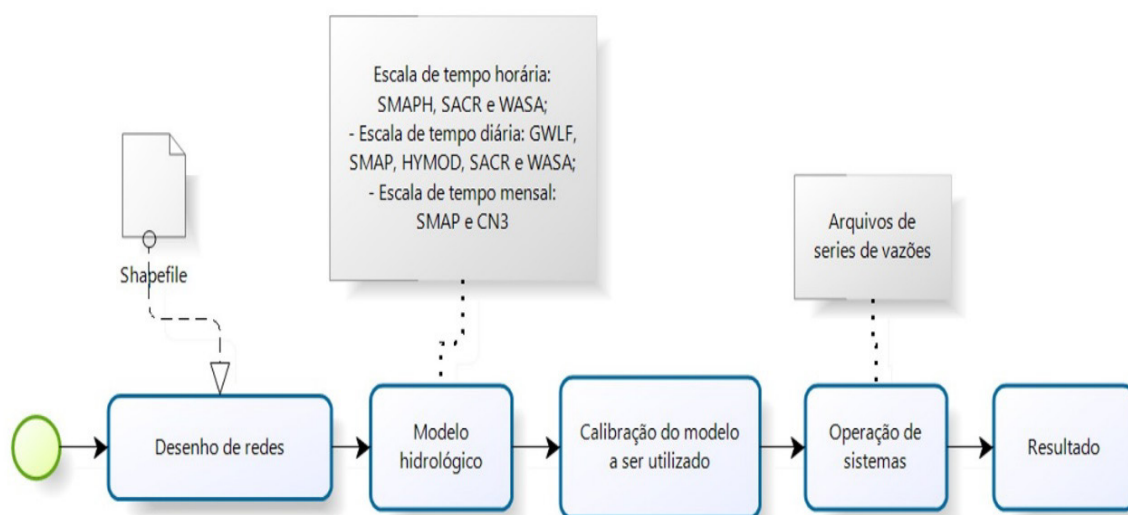


Figura 4: Processo do SSD-SIGA do Distrito Federal

NOTA: (SMAPH) Soil Moisture Accounting Procedure Hydrological; (SACR)- Soil And Climate Runoff; (WASA) - Model of Water Availability in Semi-Arid Environments; (SMAP) Soil Moisture Accounting Procedure; (HYMOD)- Hydrological Model ;(GWLF) - Generalized Watershed Loading Functions

Uma vez com a rede inserida, ocorre a customização dos modelos hidrológicos e das variáveis a serem consideradas no cálculo. Os modelos hidrológicos disponíveis são divididos em modelos de escala horária, diária ou mensal. A partir da transformação dos processos hidrológicos de precipitação em escoamento superficial, conhecido como método chuva-vazão, é possível determinar a vazão e a disponibilidade de água na rede hídrica a ser analisada.

No SSD-SIGA é possível importar séries de vazões em diferentes formatos, como em um arquivo *shapefile* ou uma imagem da bacia hidrográfica. Além disso, é necessário ajustar os parâmetros para a calibração do modelo a ser utilizado. Esse processo pode ser trabalhoso e demorado, portanto, para facilitar a simulação, o *software* possui uma calibração automática para os modelos hidrológicos SMAP (Soil Moisture Accounting Procedure) e HYMOD (Hydrological Model). Em seguida, é realizada a inserção dos dados relativos à demanda e vazão natural incremental de água em cada nó inserido no modelo de redes. Assim, os cálculos são realizados com base na simulação de regras ou com base na simulação de prioridades. Na simulação de regras é definido um conjunto específico de regras que podem definir limitações de captações de água ou de alocação de água, como por exemplo os períodos de seca ou de sazonalidade no uso da água. A simulação com base em prioridades, por sua vez, define as prioridades para a distribuição da água visando atender usuários prioritários, como no caso de usuários de abastecimento público, por exemplo.

Como resultado de saída, é possível visualizar os dados de vazão do efluente, a demanda solicitada e a demanda atendida, e a escassez ou excesso de atendimento. A Figura 5 mostra a imagem da tela do usuário do SIGA com a planilha final de resultado da simulação.

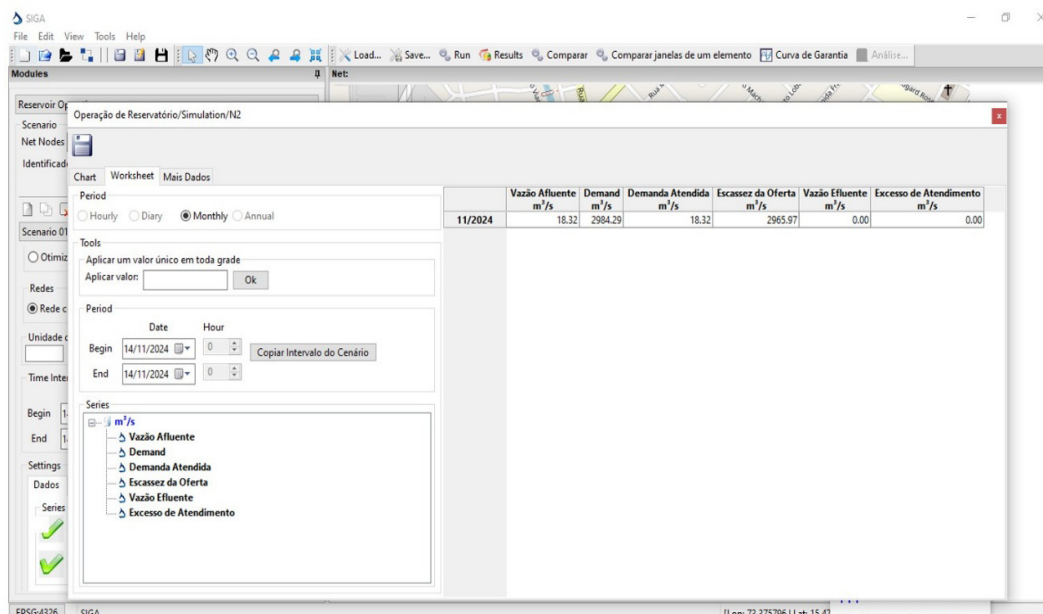


Figura 5: Resultado de saída no SIGA

Ao final da simulação, o técnico obtém os dados organizados em uma tabela, que indica os valores de vazão disponíveis e indisponíveis. No SIGARH, além dessa visualização tabular, o sistema também apresenta a classificação de cada trecho quanto à disponibilidade hídrica, facilitando a análise e interpretação das informações de forma mais direta.

Integrando modelos hidrológicos, de qualidade da água, simulação e otimização, o SIGA foi aplicado na bacia do Alto Jaguaribe para simular cenários de alocação hídrica com base em diferentes metodologias no estudo de Barros et al. (2013). Os resultados mostraram que a simulação com base em dados históricos (método de janela de regras) oferece suporte mais robusto ao processo decisório em comparação ao método tradicional que assume ausência de chuvas após a estação chuvosa. O estudo destaca o potencial do SIGA para tornar o processo mais transparente, participativo e tecnicamente fundamentado. Em uma aplicação mais simplificada, Pereira & Cavalcanti (2016) avaliaram o *software* SIGA na bacia do rio Descoberto no Distrito Federal, Brasil. Os autores consideram que, para os dados de saída, o *software* possui uma ampla capacidade de análise a partir da visualização gráfica e tabular dos resultados, que podem ser exportados em formato de planilha ou imagem.

O *software* utilizado em São Paulo, o SSD-Acquanet, também inicia as simulações a partir do desenho do trecho da rede hídrica a ser utilizada, assim com o SSD-SIGA, onde o usuário pode inserir os elementos do trecho a ser analisado, com informações como demanda, prioridade da demanda e vazão natural. Na sequência, o usuário pode escolher entre diferentes abordagens para o cálculo de demanda hídrica, como a simulação contínua ou o planejamento tático, sendo esta uma das principais diferenças observadas entre os três *softwares*. A Figura 6 mostra o esquema de funcionamento do SSD-Acquanet.

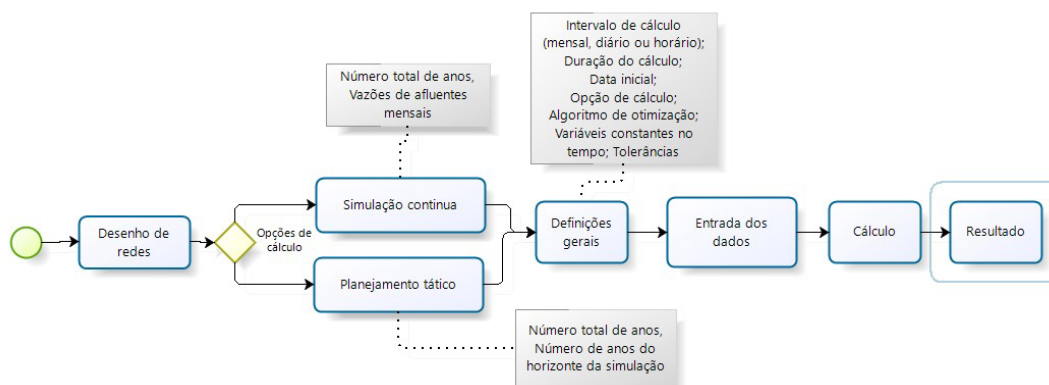


Figura 6: Processo do SSD-Acquanet de São Paulo

Na simulação contínua, os cálculos são efetuados de maneira sequencial no tempo, já no planejamento tático os cálculos são baseados em métodos estatísticos. Essa flexibilidade no cálculo proporciona ao usuário a capacidade de ajustar as análises conforme a complexidade e os objetivos específicos do gerenciamento hídrico, ao mesmo tempo exige um conhecimento técnico mais aprofundado por parte do usuário. Outra diferença observada neste sistema é a possibilidade de editar os valores de vários elementos (nós de demanda) ao mesmo tempo.

Logo após desenhar o trecho a ser analisado, o usuário deve escolher o tipo de simulação e configurar as definições gerais dos principais parâmetros a serem utilizados no cálculo. Nessa etapa, o usuário poderá informar os valores de tolerâncias permitidas e as variáveis específicas do tipo de simulação escolhido, como dados temporais relativos ao intervalo do cálculo e o tipo de simulação, por exemplo, como pode ser observado na Figura 7.

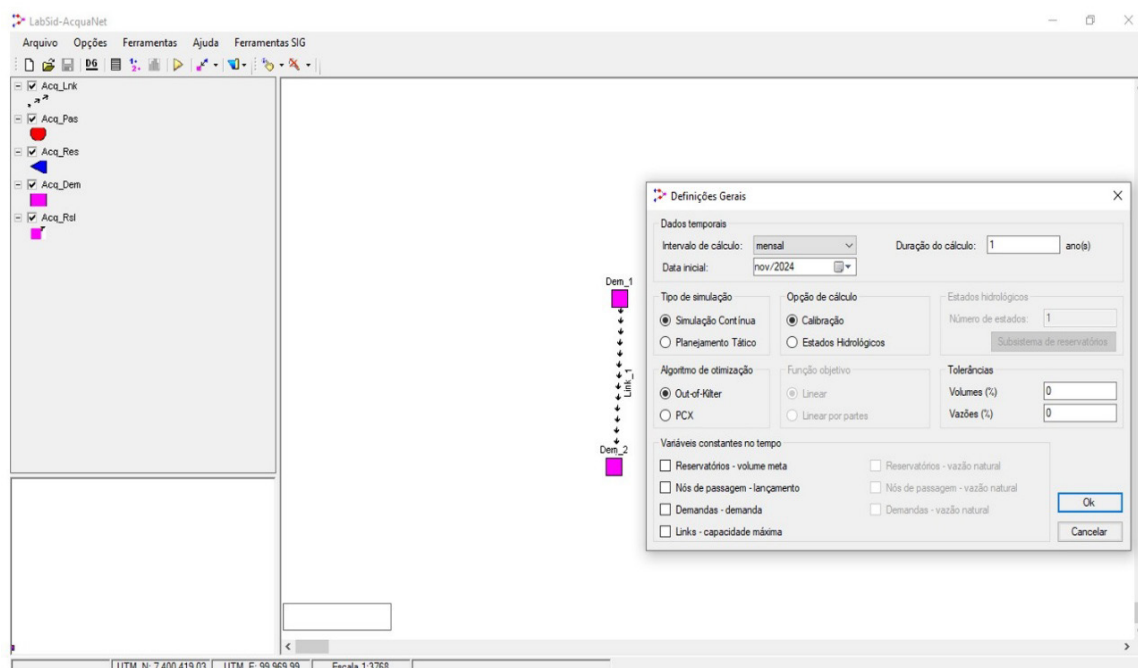


Figura 7: Definições gerais no Acquanet

Tercini & Mélo Júnior (2018) avaliaram o *software* Acquanet através de estudo de caso da bacia hidrográfica do Rio Piranhas-Açu localizado nos estados de Paraíba e Rio Grande do Norte e obtiveram sucesso no uso da ferramenta para obtenção dos resultados de atendimento ou déficit das demandas a partir de cenários de disponibilidade hídrica. Os autores realizaram simulações considerando 12 cenários distintos, combinando quatro diferentes valores de vazão natural (disponibilidade hídrica) com três diferentes valores de demanda de água. A partir dos dados gerados fizeram um histograma da frequência média do déficit e um segundo gráfico do déficit médio para cada cenário e compararam os resultados de ambos os cenários.

Na sequência, com a visualização do resumo dos dados inseridos, realiza-se o cálculo de disponibilidade hídrica. Os resultados são gerados e exibidos de forma gráfica ou em planilhas, sendo possível personalizar os campos do relatório final. Segundo Tercini & Mélo Júnior (2018), como resultado, o *software* fornece o grau de atendimento às diversas demandas, quantifica os eventuais déficits e apresenta os valores destas variáveis em termos absolutos ao longo do tempo ou em termos estatísticos na forma de curvas de permanência.

Na Figura 8, na primeira imagem (i) é apresentado o resultado da análise final, exibindo os valores correspondentes a cada uma das demandas e seus respectivos déficits; enquanto na segunda imagem (ii) é apresentado o resultado da análise na forma de gráfico indicando a relação entre os valores de demandas e os déficits ao longo do tempo simulado.

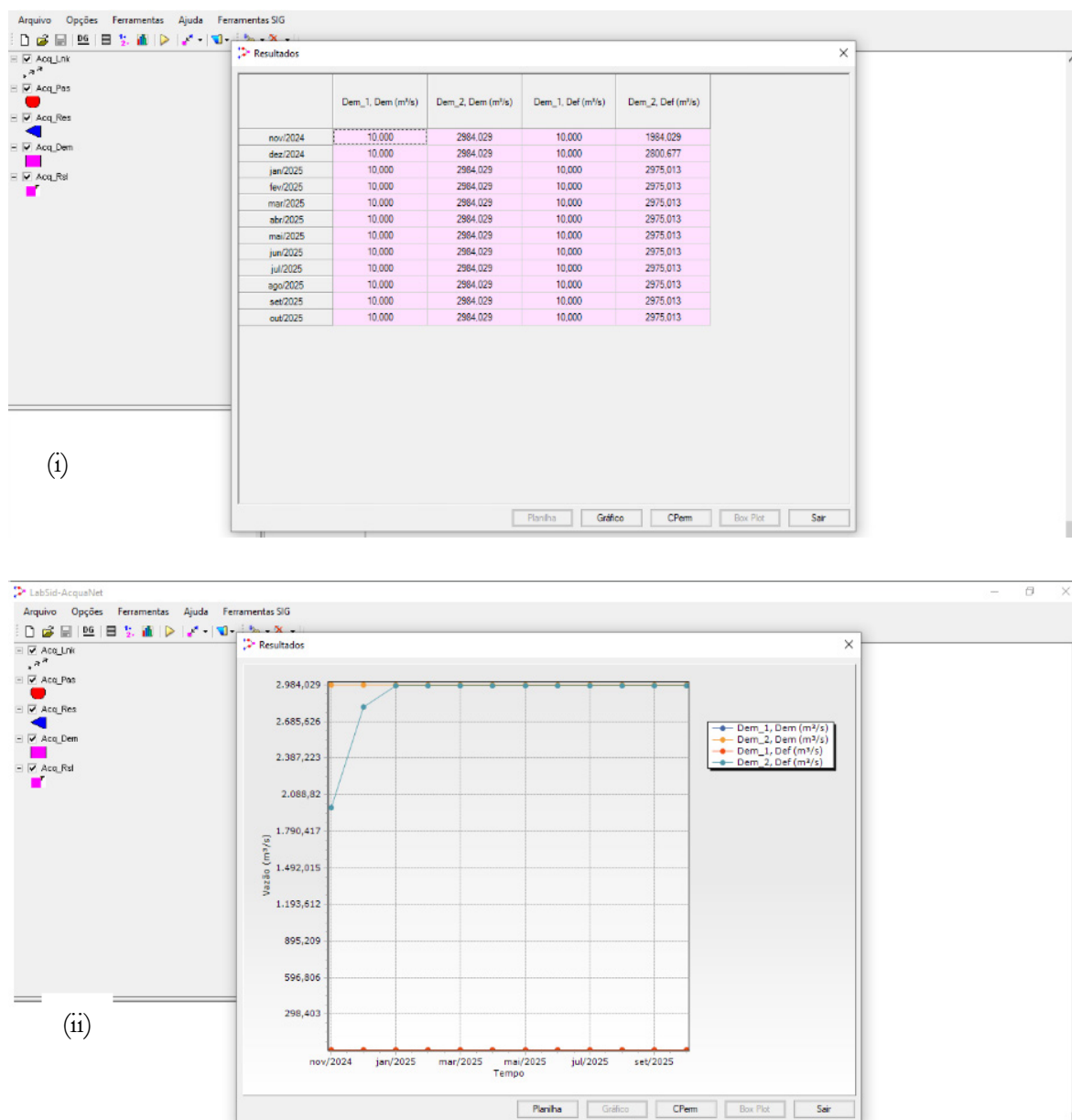


Figura 8: Resultado no Acquanet

Nos SSDs SIGA e Acquanet é possível inserir dados fluviométricos de vazões, o que facilita os cálculos de disponibilidade hídrica. No caso do SIGARH, os dados vêm das estações telemétricas instaladas no estado do PR. Uma forma de aperfeiçoar os sistemas é incorporar um módulo de consulta de dados em tempo real, potencialmente vinculado à nuvem de informações, facilitando a aquisição, processamento e interpretação dos resultados para a tomada de decisão em termos de outorgas. Contudo, para que esse tipo de melhoria seja possível, são necessários investimentos na consolidação e robustez do sistema de informações sobre recursos hídricos, visando a obtenção de dados em tempo real e com o menor erro associado possível.

Outra das facilidades do SIGARH é que, ao inserir as coordenadas do local, é possível analisar a rede hídrica sem a necessidade de desenhá-la manualmente. Nos outros *softwares*, por outro lado, é necessário traçar todo o trecho a ser analisado e importar os dados de vazão a serem considerados no cálculo. A integração da localização pode ser facilmente incorporada aos outros *softwares* por meio do uso de mapas georreferenciados, como o Google Maps, por exemplo. Além disso, o sistema traz informações referentes ao ponto de interferência, aos usuários identificados naquele trecho e as portarias já outorgadas, assim como os requerimentos em análise.

No SIGARH, o SSD é integrado com o módulo de outorgas o que faz com que o cálculo da disponibilidade hídrica leve em conta não apenas as demandas já estabelecidas, mas também as

possíveis demandas futuras, o que ajuda a evitar a sobreposição de autorizações de uso e permite uma gestão mais equilibrada dos recursos hídricos. Essa integração é fundamental para que o gestor tenha um panorama mais atualizado acerca da atual disponibilidade hídrica e consiga tomar uma decisão mais eficiente, contudo, depende do quão estruturado estão os dados dos sistemas de outorgas e da existência de interface para a troca de informações (API - do inglês, *Application Programming Interface*) que possibilite essa integração. Isso pode se demonstrar uma tarefa difícil, levando em conta que alguns sistemas podem ser antigos ou utilizarem tecnologias incompatíveis.

O acréscimo de interfaces API, que são um conjunto de regras ou protocolos que permitem que aplicativos de *software* se comuniquem entre si para trocar dados, recursos e funcionalidades, possibilita um ganho evidente no gerenciamento integrado dos recursos hídricos dentro das bacias hidrográficas, visto que elas abrangem diversos municípios e usuários. Uma visão panorâmica do instrumento da outorga, pode evidenciar as inconsistências dos processos e potencializar a transparência do processo de tomada de decisão, dando subsídios para o gerenciamento adequado dos recursos hídricos, principalmente no que se refere aos conflitos pelo uso da água.

A utilização de modelos hidrológicos, como os empregados pelo AcquaNet e pelo SIGA, pode gerar resultados mais robustos, proporcionando maior precisão na definição da vazão de referência. No entanto, essa abordagem exige um volume significativo de dados hidrológicos confiáveis, o que pode ser um desafio em regiões com monitoramento limitado. Dessa forma, *softwares* como o SIGARH podem se mostrar bastante úteis. Embora menos complexos, eles ainda fornecem resultados confiáveis o bastante para subsidiar a tomada de decisão de forma assertiva.

Outra diferença entre os *softwares* é que o SIGARH é uma aplicação web podendo ser acessado por qualquer navegador com conexão de internet, já os demais são *softwares* de *desktop* e o usuário deve baixar e instalar no computador, antes de utilizá-lo.

Todos os sistemas apresentados são importantes ferramentas para a análise de outorga e a gestão de recursos hídricos, proporcionando uma avaliação técnica detalhada do contexto hídrico. Apesar de suas peculiaridades e diferenças, eles auxiliam diretamente no processo de tomada de decisão, na tentativa de diminuir cada vez mais a subjetividade da análise. A integração dos pontos positivos de cada um deles, como o gerenciamento de dados em nuvem, uso de informações georreferenciadas e de estações pluviométricas automáticas e processamento com ferramenta SIG podem criar uma ferramenta mais robusta. A incorporação de mais informações nos sistemas pode convergir para que as tomadas de decisões sobre as outorgas sejam unificadas em contexto nacional, porém com respeito as particularidades de cada território. Assim, o sistema se mantém descentralizado, integrado, com respeito aos usos múltiplos e sobretudo, diminuindo os potenciais conflitos pelo uso da água e garantindo quantidade e qualidade da água para todos e para as futuras gerações.

O SSD ideal depende muito do perfil do usuário e das necessidades de cada análise. O SIGARH oferece uma integração maior dos dados com o sistema de outorga, e como saída apresenta além dos dados de vazão indisponível, uma classificação quanto à disponibilidade hídrica, o que torna o resultado mais visível. Por outro lado, o SIGA e o Acquanet apresentam os valores de escassez ou excesso de demanda e os representam em forma de planilhas e gráficos. Ao mesmo tempo que consideram mais variáveis no cálculo e modelos hidrológicos mais complexos. Como sugestão de melhoria para os SSDs gratuitos é a possibilidade de integração com os sistemas de outorgas a fim de possibilitar uma visão mais atualizada do cenário hídrico atual.

4. SIMULAÇÃO DE CENÁRIOS

Como objeto de comparação dos três *softwares* apresentados, foi realizada uma simulação simplificada de disponibilidade hídrica na Bacia do Rio Barigui, localizada na Região Metropolitana de Curitiba/PR. O Rio Barigui é afluente da margem direita do rio Iguaçu percorrendo no sentido geral norte-sul os municípios de Almirante Tamandaré, Curitiba e Araucária e é considerado um dos principais rios do Paraná (Kozak, 2020). A escolha dessa área de estudo se deve ao fato de o SSD-SIGARH ser um sistema restrito ao estado do Paraná, garantindo a compatibilidade da análise com suas funcionalidades. As simulações foram feitas considerando o pedido de outorga de 0,003 m³/s de água utilizando os mesmos dados de entrada e ajustados os parâmetros característicos de cada *software* conforme necessidade. Tal condição foi determinada a fim de simular o mesmo cenário nos diferentes SSDs. A vazão de referência para outorga foi definida pelo próprio SIGARH a partir dos dados das estações telemétricas próximas ao local de interesse (coordenadas 25.4907915 Sul e -49.3364521 Leste).

O SIGARH utiliza a unidade de medida de m^3/h e os demais *softwares* m^3/s , com isso foi realizado a conversão dos parâmetros de entrada para a unidade de medida dos demais *softwares* que utilizam m^3/s , a fim de compatibilizar os valores. A partir disso, os SSD foram executados e os resultados obtidos a partir das simulações realizadas foram convertidos para m^3/h e podem ser consultados na Tabela 1, que apresenta os dados de entrada usados em cada *software* e os resultados gerados.

Tabela 1: Parâmetros de entrada dos SSDs estudados

<i>Software</i>	Dados de entrada	Dados de saída	Observações
SIGARH	- Vazão requerida:	-Vazão indisponível/déficit: 2987,89 m^3/h	
	• 3,6 m^3/h (demanda 1)	-Vazão outorgável/disponível: 121,36 m^3/h	
	• 2984,29 m^3/h (demanda 2)	- Classificação: Área crítica	
SIGA	- Vazão requerida:	-Vazão indisponível/déficit: 2945,6 m^3/h	- Modelo hidrológico: SMAP
	• 0,001 m^3/s (demanda 1)		
	• 0,829 m^3/s (demanda 2)		
Acquanet	- Vazão requerida:	-Vazão indisponível/déficit: 2923,2 m^3/h	- Tipo de simulação: Simulação contínua
	• 0,001 m^3/s (demanda 1)		- Opção de cálculo: Calibração
	• 0,829 m^3/s (demanda 2)		- Algoritmo de otimização: Out-of- Kilter

NOTA: Demanda 1 corresponde a demanda hídrica no ponto analisado/requerido; demanda 2 corresponde a demanda dos usuários do entorno; A vazão de referência é vazão média ou característica em um ponto específico de um curso d'água; A vazão requerida é o volume de água que é necessário para atender a uma demanda específica;

Os valores de vazão indisponível/déficit resultantes no SSD SIGARH, SSD SIGA e SSD Acquanet, respectivamente de 2987,89 m^3/h , 2945,6 m^3/h e 2923,2 m^3/h , indicam um certo nível de comprometimento hídrico. Embora os valores absolutos sejam relativamente próximos, a diferença de

aproximadamente 65 m³/h representa uma variação significativa quando considerada a escala da análise. Essa discrepância pode ser atribuída às diferenças nos dados adicionais e nas metodologias de cálculo adotadas por cada *software*.

O cenário simulado indica uma área com alta demanda de usuários (indicado na demanda 2) e recursos hídricos limitados, já com elevado comprometimento hídrico. Dessa forma, é necessário adotar estratégias de alocação de recursos e priorização de demandas e a implementação de estratégias para garantir que os recursos hídricos sejam distribuídos de maneira igualitária e sustentável, levando em consideração os usos prioritários.

5. CONCLUSÕES

A análise comparativa dos SSDs revelou que cada ferramenta possui características distintas que podem atender diferentes necessidades na gestão dos recursos hídricos. O SIGARH, com sua integração ao sistema de outorgas do Paraná, se destaca pela capacidade de fornecer informações atualizadas sobre usuários e demandas, tornando o processo de tomada de decisão mais eficiente e embasado. Já o SIGA e o Acquanet oferecem uma abordagem mais detalhada para a modelagem hidrológica, permitindo maior flexibilidade na simulação de cenários e na consideração de variáveis hidrológicas mais complexas.

Os resultados obtidos demonstram que a escolha do SSD mais adequado deve considerar tanto o perfil do usuário quanto a finalidade da análise. A integração de funcionalidades entre esses sistemas pode representar um avanço significativo na gestão dos recursos hídricos, permitindo a construção de ferramentas mais robustas.

Diante dos desafios crescentes da gestão dos recursos hídricos no Brasil, como a escassez de dados, a variabilidade climática e o aumento da demanda, é essencial que os SSDs evoluam para garantir maior eficiência na alocação da água e na prevenção de conflitos pelo uso do recurso. Estudos futuros podem explorar novos cenários de simulação, assim como avaliar a integração dessas ferramentas com novas tecnologias, como inteligência artificial, para aprimorar ainda mais a capacidade de análise e previsão, fortalecendo uma gestão mais sustentável dos recursos hídricos.

6. REFERÊNCIAS

- Barros, F. V. F., Alves, C. M., Martins, E. S. P. R., & Reis Junior, D. S. (2013). The Development and Application of Information System for Water Management and Allocation (SIGA) to a Negotiable Water Allocation Process in Brazil. In *Anais World Environmental and Water Resources Congress 2013*.
<https://doi.org/10.1061/9780784412947.128>
- Brasil. (1997). *Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997*. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos. Presidência da República. Casa Civil. Subchefia para Assuntos Jurídicos.
- Brasil. Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH. (2012). Resolução nº 145, de 12 de dezembro de 2012. Estabelece diretrizes para a elaboração de Planos de Recursos Hídricos de Bacias Hidrográficas e dá outras providências. *Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil*, Brasília.
- Collischonn, B. (2014). *Sistema de apoio à decisão para outorga de direito de uso de recursos hídricos* (Tese de doutorado). Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.
- Davijani, M. H., Banihabib, M. E., Anvar, A. N., & Hashemi, S. R. (2016). Multi-objective optimization model for the allocation of water resources in arid regions based on the maximization of socioeconomic efficiency. *Water Resources Management*, 30, 927-946.
- EZUTE. (2025). *Sistema de informações para gestão ambiental e de recursos hídricos – Estado do Paraná*. Fundação Ezute. Recuperado em 26 de julho de 2025, de <https://ezute.org.br/sigarh-pr/>
- Fundação Cearense de Meteorologia e Recursos Hídricos – FUNCEME. (2025). *Manual Sistema de informação para gerenciamento da alocação de água (SIGA) 2.0*. Recuperado em 26 de julho de 2025, de <https://siga.funceme.br/page/4>
- Garcia, J. I. B., Schardong, A., & Porto, R. L. (2018). Decision support system for optimization of permits for wastewater discharge. *Brazilian Journal of Water Resources*, 23, e43. <http://dx.doi.org/10.1590/2318-0331.231820180002>
- Gorgoglione, A., Crisci, M., Kayser, R. H., Chreties, C., & Collischonn, W. (2019). A new scenario-based framework for conflict resolution in water allocation in transboundary watersheds. *Water (Basel)*, 11, 1174. <http://dx.doi.org/10.3390/w11061174>

- Instituto Água e Terra – IAT. (2010). *Plano Estadual de Recursos Hídricos do Paraná: Resumo executivo. Secretaria de Estado do Meio Ambiente e Recursos Hídricos - Antigo Instituto das Águas do Paraná. Outubro/2010*. Recuperado em 26 de julho de 2025, de https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-03/resumo_executivo_plerh.pdf
- Kharabsheh, M., Alsha'ar, N. A., & Al-Ayyoub, M. (2019). A comparative decision support systems for water resources management. *International Review of Automatic Control (I.R.E.A.CO.)*, 12(5). <https://doi.org/10.15866/ireaco.v12i5.18016>
- Kozak, C. (2020). *Non-Point Source Pollution Assessment Based on Event Driven Influence* (Tese de doutorado). Centro Politécnico, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- Laboratório de Sistemas de Suporte a Decisões - LABSID. (2013). *Manual do Acquanet 2013*. Universidade de São Paulo, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, Departamento de Engenharia Hidráulica e Ambiental. Recuperado em 26 de julho de 2025, de <https://labsid.poli.usp.br/software/labsid-acquanet-2013/>
- Lisboa, L., Silva, D. D., Moreira, M. C., Silva, A. J., & Uliana, E. M. (2019). Sistema para análise das outorgas de captação de água e diluição de efluentes na bacia do rio Piracicaba (MG). *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, 24(5), 929-937.
- Lopes, M. S., Tercini, J. R. B., Santi, A. D., Pedrozo, D. B., Garcia, J. I. B., Gonzalez, V. A. R., & Léo, E. C. (2021). Sistema de suporte a decisões aplicado ao gerenciamento de recursos hídricos: estudo de caso Bacias PCJ. *Journal of Environmental Management & Sustainability*. <https://doi.org/10.5585/geas.v10i1.19876>
- Marcellini, S. S., Neto, H. L., Gusso, F. N., Nakashima, M., Fonseca, J. M., Gomes, L. C., & Porto, R. L. (2013). Sistema de suporte a decisão para análise de requerimentos de outorga de águas superficiais no estado de São Paulo – versão preliminar. In *Anais XX Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. Bento Gonçalves/RS.
- Moran, T., Saracino, A., Sugg, Z., Thompson, B., & Martinez, J. (2020). *Evaluating the Use of Data Platforms for Water Management Decisions*. *Water in the West*. California: Stanford Digital Repository
- Oliveira, C. U. R., & Zeilhofer, P. (2025). Framework for a multi-criteria decision support system for water permit allocation in Brazil. *Brazilian Journal of Water Resources, Porto Alegre*, 30(e15), 2025. <http://dx.doi.org/10.1590/2318-0331.302520240129>
- Paraná. (2014). *Decreto nº 9.957, de 23 de janeiro de 2014*. Dispõe sobre o regime de outorga de direitos de uso de recursos hídricos e adota outras providências. Governo do Estado do Paraná, Casa Civil, Sistema Estadual de Legislação. Recuperado em 26 de julho de 2025, de <https://www.legislacao.pr.gov.br/legislacao/pesquisarAto.do?action=exibir&codAto=113097>
- Pereira, G. S., & Cavalcanti, B. S. (2016) SIGA: O novo sistema de suporte à decisão para gestão dos recursos hídricos. In *Anais do XIV Encontro Nacional de Estudantes de Engenharia Ambiental* (Vol. 3, No. 2, pp. 449-456), Blucher Engineering Proceedings. São Paulo: Blucher
- Pereira, M., Kayser, R. B., & Collischonn, W. (2012). Integração do Modelo Hidrológico para Grandes Bacias MGB-IPH e Sistemas de Informação Geográfica para suporte à decisão de outorga de direito de uso da água. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 9(2), 21-33.
- Roberto, A. N., Porto, R. L., Schardong, A., & Neto, H. L. (2007) O novo sistema de suporte a decisões Acquanet. In *Anais XVII Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos*. São Paulo/SP
- Rodrigues, R. B. (2005). *SSD RB - sistema de suporte a decisão para a gestão quali-quantitativa dos processos de outorga e cobrança pelo uso da água* (Tese de doutorado). Universidade de São Paulo, São Paulo. Recuperado em 26 de julho de 2025, de <http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3147/tde-16092005-135904/>
- Salla, M. R., Arquiola, J. P., Solera, A., Álvarez, J. A., Pereira, C. E., Filho, J. E. A., & Oliveira, A. L. (2014). Sistema de Suporte à Decisão em Recursos Hídricos na Bacia Hidrográfica do Rio Uberabinha, Minas Gerais. *Revista Brasileira de Recursos Hídricos*, 19(1), 189-204.
- Silva, G. O. M. (2016). *Integração das outorgas de captação superficial e lançamento de efluentes: um estudo de caso na bacia hidrográfica do Rio Paraguaçu (Bahia)* (Dissertação de mestrado). Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador.
- Silva, G. O. M., Medeiros, Y. D. P., & Fontes, A. S. (2021). Atualização do sistema de suporte à decisão para outorga de uso de recursos hídricos do estado da Bahia. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 18, e8. <http://dx.doi.org/10.21168/reg.v18e8>
- Silva, M. B. M., & Ribeiro, M. M. R. (2021). O caráter adaptativo da governança das águas em sistemas hídricos locais. *Revista de Gestão de Água da América Latina*, 18, e22. <http://dx.doi.org/10.21168/reg.v18e22>

Superintendência de Desenvolvimento de Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental - SUDERHSA (2006). *Manual Técnico de Outorgas do Estado do Paraná*. Recuperado em 26 de julho de 2025, de https://www.iat.pr.gov.br/sites/agua-terra/arquivos_restritos/files/documento/2020-10/manual_outorgas_suderhsa_2006.pdf

Tercini, J. R. B., & Mélo Júnior, A. V. (2018). Cenarização da disponibilidade hídrica versus demanda de água utilizando o software Acquanet: estudo de caso bacia hidrográfica do rio Piranhas-Açu. In *Anais XIV Simpósio de Recursos Hídricos do Nordeste*. Maceió/AL.

Contribuições dos autores:

Bianca Cogo Barbosa: concepção e delineamento do estudo, aquisição, análise e interpretação de dados, Curadoria de dados, redação.

Caroline Kozak: concepção e delineamento do estudo, supervisão, redação e revisão.

Taiane Regina Hoepers: redação e revisão.

Michel Marques Monteiro: redação e revisão.

Cristovão Vicente Scapulatempo Fernandes: redação e revisão.